

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 02251912  
PUBLICATION DATE : 09-10-90

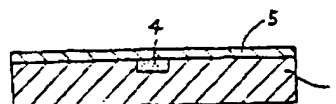
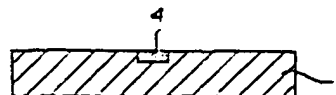
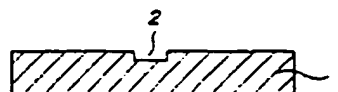
APPLICATION DATE : 27-03-89  
APPLICATION NUMBER : 01071935

APPLICANT : IBIDEN CO LTD;

INVENTOR : YAMADA MASAYA;

INT.CL. : G02B 6/12 G02B 27/28

TITLE : PRODUCTION OF THIN-FILM  
WAVEGUIDE TYPE OPTICAL  
ISOLATOR



ABSTRACT : PURPOSE: To eliminate the need for a chemical etching treatment by growing the crystal film of a magneto-optical material only in the hollow grooves provided on a substrate surface to form a waveguide layer and forming a coating layer thereon.

CONSTITUTION: A photoresist film is formed in the part to be formed with the optical wave guide by a resist pattern on the substrate 1 and a metallic film is formed by sputtering, etc., over the entire surface; thereafter, the metallic film on the resist pattern is removed together with the resist to expose only the part to be formed with the optical wave guide and is subjected to an ion beam etching or the like to form the hollow groove 2 having the inside surface of a specular surface state. A single crystal film 3 is grown over the entire surface of the substrate 1 if an operation to grow the single crystal is carried out. The optical wave guide 4 consisting of the single crystal film existing only in the hollow groove is formed if the single crystal film formed in the part exclusive of the hollow groove 2 of the part to be formed with the optical wave guide is removed by polishing. The surface of the single crystal film 4 in the hollow groove 2 is also made into the specular state by polishing and, therefore, the coating layer 5 can be formed thereon. The need for a stage for etching the crystalline film to remove the unnecessary part and to shape the film is eliminated in this way and the accuracy and efficient mass production is possible.

COPYRIGHT: (C)1990,JPO&Japio



⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平2-251912

⑮ Int.Cl.<sup>3</sup>  
G 02 B 6/12  
27/28

識別記号 庁内整理番号  
L 7036-2H  
M 7036-2H  
A 8106-2H

⑬ 公開 平成2年(1990)10月9日

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全5頁)

⑭ 発明の名称 薄膜導波型光アイソレータの製造方法

⑰ 特 願 平1-71935

⑱ 出 願 平1(1989)3月27日

⑲ 発 明 者 榎 本 亮 岐阜県大垣市河間町3丁目200番地 イビデン株式会社河  
間工場内  
⑲ 発 明 者 酒 井 靖 史 岐阜県大垣市河間町3丁目200番地 イビデン株式会社河  
間工場内  
⑲ 発 明 者 山 田 雅 哉 岐阜県大垣市河間町3丁目200番地 イビデン株式会社河  
間工場内  
⑲ 出 願 人 イビデン株式会社 岐阜県大垣市神田町2丁目1番地  
⑲ 代 理 人 弁理士 田 中 宏

明 細 書

1. 発明の名称

薄膜導波型光アイソレータの製造方法

2. 特許請求の範囲

1. 基板表面に凹溝を設け、この凹溝のみに磁気光学材料の結晶膜を育成させて導波層を形成し、次いで少なくとも導波層上に被覆層を形成することを特徴とする薄膜導波型光アイソレータの製造方法。

2. 基板表面に凹溝を設け、この基板表面全面に磁気光学材料の結晶膜を育成させ、次いで凹溝部以外に育成された結晶膜を除去し、凹溝のみに結晶膜を存在させて導波層を形成する請求項第1項記載の薄膜導波型光アイソレータの製造方法。

3. 基板表面に凹溝を設け、且つこの凹溝部以外の表面を粗面状態となし、次いで基板表面全面に磁気光学材料の結晶膜育成操作を施すことにより、凹溝のみに結晶膜を育成させて導波層を形成する請求項第1項記載の薄膜導波型光アイソレータの製造方法。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、光通信等の分野における光アイソレータ、特に薄膜導波型光アイソレータの製造方法に関する。

(従来技術及び解決すべき課題)

現在実用化されている光アイソレータとしては、ガーネット等の磁気光学結晶に方解石等の偏光子を組合せた、いわゆるバルク型のものがあり、また、液相エピタキシャル法で作成したガーネット厚膜を用いたいわゆる厚膜型アイソレータが開発されている。又近年は、更に量産化に優れ、低コスト化が可能で、且つ信頼性が高いという特徴を有する、磁気光学薄膜導波路を用いた薄膜導波型光アイソレータが研究されている(例えば特公昭60-49281号公報、特開昭60-107616号公報参照)。

そして、本出願人は、先に薄膜導波型光アイソレータとして、ガーネット結晶基板、該ガーネット結晶基板上に形成され、磁気光学材料からなる導波層及び該導波層上に形成される被覆層とから

なる薄膜導波型光アイソレータを開発した(特願昭53-144694号)。

しかし、この新たに開発された薄膜導波型光アイソレータは、結晶基板の上に導波層及び被覆層を形成して製造するものであるが、その際に、導波層をチャンネル型の光導波路で形成させる場合には、育成させた単結晶膜に化学的エッチングを施す工程が必要であり、この工程で失敗すれば貴重な単結晶膜を無駄にする問題点があった。

本発明はこの欠点を解消して、チャンネル型特に埋め込み型の光導波路を導波層とする薄膜導波型光アイソレータを製造する方法を提供するにある。

(課題を解決するための手段)

即ち、本発明は、基板表面に凹溝を設け、この凹溝のみに磁気光学材料の結晶膜を育成させて導波層を形成し、次いで少なくとも導波層上に被覆層を形成することを特徴とする薄膜導波型光アイソレータの製造方法である。

本発明においては、基板表面に光導波路形状の

凹状の溝(以下、凹溝という)を設け、この凹溝のみに結晶膜を育成させ、その後、この凹溝に育成した結晶膜の上のみ、もしくは基板表面全体を被覆層で覆うので、育成した結晶膜に化学的エッチングを施して不用部分を除去して整形する工程を必要としない。従って、本発明によれば折角育成した単結晶膜を化学エッチングの際の失敗によって基板共々駄目にしてしまう恐れがなくなる。そして本発明方法によれば、たとえ基板に凹溝を形成させる際に失敗があっても、基板の損失のみで済む利点がある。

本発明で用いる基板としては、ガドリニウム・ガリウム・ガーネット(GGG,  $Gd_3Ga_5O_{12}$ )、サマリウム・ガリウム・ガーネット(SmGG,  $Sm_3Ga_5O_{12}$ )、ネオジム・ガリウム・ガーネット(NdGG,  $Nd_3Ga_5O_{12}$ )などである。

基板上に光導波路形状の凹溝を設けるには、基板にレジストパターンで光導波路形成部分にフォトリソスト膜を形成し、次いで基板全面にスパッタリングなどでチタン等の金属膜を形成し、その

後レジストパターン上の金属膜をレジストと共に除去し、すなわち光導波路形成部分のみを露出させ、イオンビームエッチングなどで光導波路形成部分を凹溝にし、そして最後に残った金属膜を除去することにより行なう。この凹溝の内表面は鏡面状態にある。

このようにして設けた基板表面の凹溝のみに結晶膜を形成させ、更にその上に被覆層を形成させるには、例えば次の方法による。

その第1の方法は、基板表面に凹溝を設けた後、基板表面全面に磁気光学材料の結晶膜を育成させ、その後凹溝以外に育成した結晶膜を除去して凹溝のみに結晶膜を形成させて導波路、即ち導波層を設け、次いで基板表面全体に被覆層を形成する方法である。

この方法について更に詳しく説明する。まず、基板表面に凹溝を設けた後、基板表面全面に形成させる結晶膜の材料としては、イットリウム・鉄・ガーネット(YIG,  $Y_3Fe_5O_{12}$ )、イットリウム・アルミニウム・ガーネット(YAG,  $Y_3Al_5O_{12}$ )、またはそ

の置換体(ガドリニウム・鉄・ガーネット(GdIG)など)、部分置換体( $(Bi, Y)_3Fe_5O_{12}$ )などのガーネット結晶膜などが用いられる。

これらの単結晶膜の育成は、液相エピタキシャル法、化学堆積法(CVD法)、分子線エピタキシャル法(MBE法)、真空蒸着法、スパッタリング法などで行なう。

この単結晶の育成操作によって、単結晶膜は例えば図に示す様に育成する。すなわち第1図は光導波路形状の凹溝2を形成した基板1の断面図である。この基板1に単結晶膜3を育成させると、第2図の如く、光導波路形成部分の凹溝内にも単結晶膜が育成し、また凹溝以外の部分にも単結晶膜が育成する。

したがって、この光導波路形成部分の凹溝以外の部分に形成された単結晶膜を除去すると、第3図に示すごとき、凹溝内のみ単結晶膜が存在する、すなわち光導波路が存在する基板が得られる。4は単結晶膜である。

凹溝以外の部分に形成された単結晶膜の除去は、

研磨により行なうのが好ましい。この研磨に当っては、研磨液を用いて行なうのが好ましい。そして研磨液として、基板を切削することの少ない研磨材粒子のスラリーを用いると、基板の平行度がそのまま光導波路の平行度となるので非常に有利である。この研磨材粒子としては例えば $Al_2O_3$ が用いられる。

このようにして、表面の凹溝のみに結晶膜が形成した基板が得られ、この凹溝内に形成された結晶膜の表面も、研磨によって鏡面状態になっているので、その上に被覆層を円滑に形成させることができる。第4図は被覆層を形成させた状態を示す。5は被覆層である。

被覆層としては、イットリウム・鉄ガーネット( $YIG, Y_3Fe_5O_{12}$ )、イットリウム・アルミニウムガーネット( $YAG, Y_3Al_5O_{12}$ )、またはその置換体(ガドリウム・鉄ガーネット( $GdIG$ )など)、部分置換体( $(Bi, Y)_3Fe_5O_{12}$ など)のガーネット結晶膜などが用いられる。そして被覆層の屈折率は導波層の屈折率よりも $0.005 \sim 0.05$ 小さくする。又その厚

さは空気の影響がない程度の厚さ、即ち $5\mu m$ 以上であることが好ましい。この厚さが $5\mu m$ 以下の場合には、その上に上部層として例えば酸化亜鉛層を形成するのが好ましい。被覆層は必ずしも良好な結晶性を有する必要はなく、液相エピタキシャル法、CVD法、MBE法、真空蒸着法、スパッタリング法などを用いて容易に形成できる。

又、第2の方法は、基板表面に凹溝を設けた後、凹溝以外の部分を粗面状態となし、次いで基板全面に磁気光学材料の結晶膜育成操作を施して凹溝内のみに結晶膜(導波層)を形成させ、その後少なくとも導波層上に被覆層を形成させる方法である。

この方法について詳しく説明する。

基板表面に凹溝を設けた後、凹溝部以外の部分を粗面状態にするために施す粗面加工は、凹溝部を保護して化学薬品で処理して行うこともできるが、機械的に、すなわち例えば研磨紙でラッピングすることにより行なうのが好ましい。研磨紙としては $\#3000$ より粗いものを用いるのが好ましい。

基板表面の凹溝内に育成させる結晶膜の材料と

しては、先に第1の方法で述べたと同じものが使用される。また結晶膜育成操作も第1の方法で述べたと同じ方法が採用できる。

そして、液相エピタキシャル法、CVD法又はMBE法により結晶成長を行わせた場合には、鏡面状態にある凹溝内面には結晶膜が育成し、この凹溝内を埋めるが、粗面加工を施して粗面状態となした凹溝以外の部分には膜が育成されないか、育成されてもその膜は劣悪で簡単にエッチングで除去できる。従って凹溝以外の部分に膜が形成されても、リン酸などでエッチング処理することにより凹溝部に形成した結晶膜に影響を及ぼすことなく除去することができ、基板表面の凹溝部のみに結晶膜を形成し得る。

また、真空蒸着法又はスパッタリング法により結晶膜を形成させる場合には、鏡面状態にある凹溝内面に形成された膜は作成条件により真空蒸着又はスパッタリングのみで結晶膜となるか、或いは真空蒸着又はスパッタリング後の熱処理によって単結晶化されるが、粗面状態の部分に生成した

膜は熱処理の有無にかかわらず単結晶化されず、熱処理の後剥離してしまう。従って、基板表面の凹溝部のみに結晶膜が形成し得る。

このようにして得られた凹溝部のみに結晶膜を形成し導波層を設けた基板は、必要に応じて研磨により、凹溝部に形成された結晶膜表面を整える。そして、次いで、その上に被覆層を形成する。被覆層の形成に関しては、先に第1の方法で述べたと同じである。又、この際、粗面状態部分を鏡面状態とすれば被覆層を結晶膜の上のみならず、基板全面に形成することができる。

#### 実施例1

1) GGG単結晶ウエハを鏡面研磨した後、フォトリジストを塗布し、露光及び現像処理により、導波路を形成する部分に幅 $10\mu m$ のリジストパターンを形成した。

2) その後、Rf(高周波)スパッタリング法によりTi金属膜を形成し、次いでリジストパターン上のTi金属膜をリジストと共に除去する。即ち、幅 $10\mu m$ の導波路を形成させる部分は単結晶鏡面研

特開平2-251912(4)

端面の状態となり、それ以外の部分はTi金属膜により被覆されている状態となる。

3) 次に、イオンビームエッチング装置にセットし、導波路を形成させる部分が深さ $3\mu\text{m}$ となるようにウエハ全面をエッチングし、その後残ったTi金属膜をフッ酸:硝酸:水=1:1:50の水溶液で除去した。

4) これにより、基板に凹型の導波路パターンを形成した。

5) このウエハをLPE(液相エピタキシャル)成長育成装置にセット、 $\text{PbO}$ 、 $\text{Bi}_2\text{O}_3$ 、 $\text{B}_2\text{O}_3$ をフラックス成分とした $\text{Bi}$ 、 $\text{Y}$ 、 $\text{Fe}$ 、 $\text{Al}$ 、 $\text{O}$ 、 $+$  $\text{PbO}$ 、 $\text{Bi}_2\text{O}_3$ 、 $\text{B}_2\text{O}_3$ の混合物融液中で、 $(\text{Bi}, \text{Y})$ 、 $(\text{Fe}, \text{Al})$ 、 $\text{O}$ 、単結晶薄膜をウエハ上に育成した。育成条件は、基板回転数100rpm、育成温度840℃、育成時間5分であった。次いで基板を回転数1000rpmで5分間回転させてフラックスを振り切り、徐冷の後、酢酸に12時間浸漬することにより余剰な付着物であるフラックス成分を除去した。

6) これにより、ウエハの全面に $3\sim 5\mu\text{m}$ の良質

な $(\text{Bi}, \text{Y})$ 、 $(\text{Fe}, \text{Al})$ 、 $\text{O}$ 、単結晶薄膜が成長した。

次いで、導波路以外の部分に成長した単結晶薄膜を $\text{Al}$ 、 $\text{O}$ スラリー(粒度3、1および $0.5\mu\text{m}$ のものを順次用いた)で研磨により除去した。この際、ウエハはスラリーではほとんど研磨されないため、導波路の形状は当初の凹溝の形状になる。

7) この薄膜型導波路を90℃リン酸で5分間化学エッチングした後、LPE成長育成装置にセットし、 $\text{PbO}$ 、 $\text{B}_2\text{O}_3$ をフラックス成分とした $\text{Y}$ 、 $\text{Fe}$ 、 $\text{O}$ 、 $+$  $\text{PbO}$ 、 $\text{B}_2\text{O}_3$ の混合物融液中で、 $\text{Y}$ 、 $\text{Fe}$ 、 $\text{O}$ 、単結晶薄膜をウエハ上に育成し被覆層を形成した。育成条件は、基板回転数100rpm、育成温度920℃、育成時間30分であった。次いで基板を回転数1000rpmで5分間回転させてフラックスを振り切り、徐冷の後、酢酸に12時間浸漬することにより余剰な付着物であるフラックス成分を除去した。

8) これにより、ウエハの全面に $6\sim 9\mu\text{m}$ の良質な $\text{Y}$ 、 $\text{Fe}$ 、 $\text{O}$ 、単結晶薄膜が成長し、2層構造のアイソレータ用単結晶薄膜を得た。

9) 得た単結晶薄膜に、外部から500Gの磁界を印

加し、He-Neレーザ( $1.15\mu\text{m}$ )を用いてアイソレーション比を測定したところ、29dBの値が得られた。

実施例2

1) GGG単結晶ウエハを鏡面研磨した後、フォトリソレジストを塗布し、露光及び現像処理により、導波路を形成する部分に幅 $10\mu\text{m}$ のレジストパターンを形成した。

2) その後、Rfスパッタリング法によりTi金属膜を形成し、レジストパターン上のTi金属膜をレジストと共に除去する。即ち、 $10\mu\text{m}$ の導波路を形成させる部分は単結晶鏡面研磨面の状態となり、それ以外の部分はTi金属膜により被覆されている状態となる。

3) 次に、イオンビームエッチング装置にセットし、導波路を形成させる部分が深さ $5\mu\text{m}$ となるようにウエハ全面をエッチングし、残ったTi金属膜をフッ酸:硝酸:水=1:1:50の水溶液で除去した。

4) これにより、基板に凹型の導波路パターンを形成した。

5) 得たウエハを平行度が $<2\mu\text{m}$ となるように

#800の耐水研磨紙でラッピングした後、超音波洗浄、乾燥した。

6) このウエハをLPE成長育成装置にセット、 $\text{PbO}$ 、 $\text{Bi}_2\text{O}_3$ 、 $\text{B}_2\text{O}_3$ をフラックス成分とした $\text{Bi}$ 、 $\text{Y}$ 、 $\text{Fe}$ 、 $\text{Al}$ 、 $\text{O}$ 、 $+$  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ 、 $\text{PbO}$ 、 $\text{B}_2\text{O}_3$ の混合物融液中で、 $(\text{Bi}, \text{Y})$ 、 $(\text{Fe}, \text{Al})$ 、 $\text{O}$ 、単結晶薄膜をウエハ上に育成した。育成条件は、基板回転数100rpm、育成温度840℃、育成時間5分であった。次いで基板を回転数1000rpmで5分間回転させてフラックスを振り切り、徐冷の後、酢酸に12時間浸漬することにより余剰な付着物であるフラックス成分を除去した。

7) 導波路部分には、 $5\sim 6\mu\text{m}$ の良質な $(\text{Bi}, \text{Y})$ 、 $(\text{Fe}, \text{Al})$ 、 $\text{O}$ 、単結晶薄膜が成長したが、ラップ研磨面には何等成長せず、ラップ研磨面のままであった。

8) 次に、 $0.5\mu\text{m}$ のアルミナスラリーで研磨したところ、良好な形状を有する $(\text{Bi}, \text{Y})$ 、 $(\text{Fe}, \text{Al})$ 、 $\text{O}$ 、単結晶薄膜型導波路を得た。

9) この薄膜型導波路を90℃リン酸で5分間化学エッチングした後、LPE成長育成装置にセットし、

PbO, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>をフラックス成分としたY<sub>2</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>7</sub>+PbO+B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の混合物融液中で、Y<sub>2</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>7</sub>単結晶薄膜をウエハ上に育成し被覆層を形成した。育成条件は基板回転数100rpm、育成温度920℃、育成時間30分であった。次いで基板を回転数1000rpmで5分間回転させてフラックスを振り切り、徐冷の後、酢酸に12時間浸漬することにより余剰な付着物であるフラックス成分を除去した。

10) これにより、導波層単結晶上に7~8μmの良質なY<sub>2</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>7</sub>単結晶薄膜が成長し、2層構造のアイソレータ用単結晶薄膜を得た。

11) 得た単結晶薄膜に、外部から500Gの磁界を印加し、He-Neレーザ(1.15μm)を用いてアイソレーション比を測定したところ、28dBの値が得られた。(発明の効果)

本発明方法によると、結晶基板、該基板上に形成された磁気光学材料からなる導波層及び導波層上に形成された被覆層とからなる薄膜導波型光アイソレータを精度良くかつ能率よく生産できる。また本発明は、基板上に育成させた結晶膜にエッ

チングを施して不用部分を除去し整形する工程を必要としないので、エッチング時に生じやすい失敗による結晶膜の無駄を無くすることができる利点がある。そして、たとえ基板表面に凹溝を設ける工程で失敗しても、基板の損失のみで済むため有利である。従って、本方法によれば、低コストで上記構造の薄膜導波型光アイソレータを製造することができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

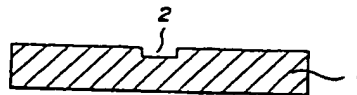
第1~4図は、本発明方法の製造過程の一例を示した薄膜導波型光アイソレータの断面図である。

第1図は凹溝を形成した基板の断面図、第2図は該基板に単結晶膜を育成させた断面図、第3図は凹溝に単結晶膜を形成させたチャンネル型光導波路の断面図、第4図は本発明で得られた薄膜導波型光アイソレータの断面図である。

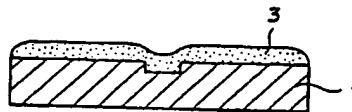
1…基板 2…凹溝 3…結晶膜  
4…導波層 5…被覆層

出願人 イビデン株式会社  
代理人 井理士 田中 宏

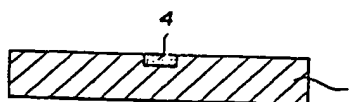
第1図



第2図



第3図



第4図

